

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takashi KAWAKUBO

GAU: 2644

SERIAL NO: 10/736,830

EXAMINER:

FILED: December 17, 2003

FOR: BULK ACOUSTIC WAVE DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

REQUEST FOR PRIORITY

RECEIVED

APR 29 2004

Technology Center 2600

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
Application No. Date Filed

- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-381581	December 27, 2002
JAPAN	2003-402714	December 2, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) _____
☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)Paul Sacher
Registration No. 43,418

BEST AVAILABLE COPY

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 2 7 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 8 1 5 8 1
Application Number:

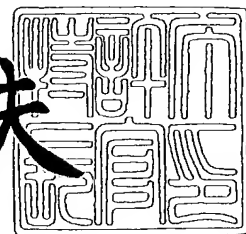
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 8 1 5 8 1]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 14000601

【提出日】 平成14年12月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04R 17/10

【発明の名称】 薄膜圧電共振器

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

【氏名】 川久保 隆

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

【識別番号】 100075812

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100096921

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 元 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100103263

【弁理士】

【氏名又は名称】 川 崎 康

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜圧電共振器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成され前記基板と下面が下部空洞を形成する圧電膜と、この圧電膜の前記下面に接する下部電極と、前記圧電膜の上面に接し前記下部電極と重なる部分を有する上部電極とを含み前記圧電膜の膜面に垂直な方向に前記下部空洞に通じる第 1 貫通孔が形成された薄膜圧電共振子と、

前記圧電膜の前記上面と上部空洞を形成し、膜面垂直方向に前記上部空洞に通じる第 2 貫通孔が形成された上部空洞形成膜と、

前記上部空洞形成膜を覆うとともに前記第 2 貫通孔を塞ぐように形成された封止層と、

を備えたことを特徴とする薄膜圧電共振器。

【請求項 2】

前記第 1 貫通孔と前記第 2 貫通孔は重なるように形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 3】

前記圧電膜は端部近傍が平坦で、前記端部近傍から中央部に行くにつれて前記基板から離れ、前記中央部近傍が平坦であり、前記下部電極と前記上部電極の重なり部分は前記中央部近傍の平坦な領域に形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 4】

前記封止層は少なくとも表面が金属層であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の薄膜圧電共振器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】

本発明は、高周波フィルタや高周波発振器として応用が可能な、圧電体薄膜の厚み縦振動を用いた薄膜圧電共振器に関し、特に基板上に保護膜により気密封止

された薄膜圧電共振器に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

圧電膜の厚み縦共振を使用した薄膜圧電共振子は、F B A R (Film Bulk Acoustic Resonator)、あるいはB A W (Bulk Acoustic Wave)素子などとも呼ばれており、非常に小さなデバイス寸法でG H z 帯以上の領域で高い励振効率と鋭い共振特性が得られることから、移動体無線などのR F フィルタや電圧制御発振器への応用に有望視されている技術である。

【0 0 0 3】

薄膜圧電共振子では、共振周波数は圧電体の音速と膜厚によって決まり、通常 $1 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ の膜厚で 2 G H z に、また $0.4 \mu\text{m} \sim 0.8 \mu\text{m}$ の膜厚で 5 G H z に対応し、数十 G H z までの高周波数化が可能である。

【0 0 0 4】

この薄膜圧電共振子を備えた薄膜圧電共振器を、図 7 に示すように直列ないし並列に複数個並べて梯子型フィルタを形成することにより、移動体通信機の R F フィルタとして利用することができる。また、図 8 に示すように、薄膜圧電共振器、バリキャップ、および増幅器を組合せることで、移動体通信機の電圧制御発振器 (Voltage Controlled Oscillator: VCO) として 利用することができる。

【0 0 0 5】

薄膜圧電共振子の性能は、電気機械結合係数 k_t^2 と、品質係数 Q 値で表すことができる。電気機械結合係数が大きいほど広帯域のフィルタや、広帯域の V C O を作成することができる。電気機械結合係数を上げるには、結晶固有の電気機械結合係数の大きいものを使用し、かつ結晶の分極軸を膜の厚み方向に揃えて共振子とすることが重要である。また Q 値は、フィルタを形成したときの挿入損失や、発振器の発振の純度に関連する。Q 値は弾性波を吸収するような多様な現象が関係しており、結晶の純度を高め、結晶方位をそろえ、また分極方向の揃った圧電膜を使用することで、大きな Q 値を得ることができる。

【0 0 0 6】

例えば、特許文献 1 には、従来の代表的な薄膜圧電共振器が開示されている。

この薄膜圧電共振器の構成およびその製造方法を図 9 に示す。まず、図 9 (a) に示すように、S i 基板 5 1 上に異方性エッチングにより窪み 5 2 を形成し、その後、表面を絶縁膜 5 3 で覆う。次に、図 9 (b) に示すように、基板 5 1 上にエッチングしやすい犠牲層 (例えばホウ素やリンをドーピングしたシリケートガラス、B P S G) 5 5 を形成する。その後、S i 基板 5 1 の表面が露出するまで研磨し、平坦化する。これにより、窪み 5 2 のみに犠牲層 5 5 が残置される (図 9 (c) 参照)。

【0 0 0 7】

次に、下部電極膜、圧電膜、上部電極膜を順に堆積し、パターニングすることにより、犠牲層 5 5 上に下部電極 6 0 b、圧電膜 6 0 a、および上部電極 6 0 c からなる薄膜圧電共振子 6 0 を形成する (図 9 (d) 参照)。

【0 0 0 8】

続いて、図 9 (e) に示すように、犠牲層 5 5 に達する穴 (図示せず) を、薄膜圧電共振子 6 0 に開けて、選択エッチングにより犠牲層 5 5 を除去する。このようなプロセスにより図 9 の薄膜共振子は形成される。

【0 0 0 9】

この薄膜圧電共振子 6 0 の圧電膜 6 0 a と上下電極 6 0 b、6 0 c で構成される共振部は、その上下を空気層で挟んで振動エネルギーが閉じ込める必要があるため、さらにアルミナなどで作成されたパッケージに気密封止する必要がある。気密封止されたパッケージの例を図 1 0 に示す。アルミナ製の基板 7 1 に薄膜圧電共振子 6 0 をワイヤーボンディング 7 3 により接続し、基板 7 1 をアルミナ製の蓋 7 7 と、はんだ 7 5 により接合して気密封止する。

【0 0 1 0】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 6 9 5 9 4 公報

【0 0 1 1】

【発明が解決しようとする課題】

このように、従来の薄膜圧電共振器においては上下電極間に振動エネルギーを閉じ込めるために、上部電極 6 0 c の上方および下部電極 6 0 b の下方に空気層を

設ける必要があり、かつ電極層などを外部環境から保護するために全体を封止する必要がある。下部電極 6 0 b の下方の空気層は、既に図 9 に示したように犠牲層 5 5 をあらかじめ作成して選択エッチングにより溶解除去する方法をとることができる。一方、上部電極 6 0 c の上方の空気層は、既に図 1 0 に示したように、アルミナなどで作成された気密封止用のパッケージに封入することが行われており、パッケージの構造が複雑で高価であり、またパッケージの大きさが大きくなるという問題点がある。

【0 0 1 2】

本発明は、上記事情を考慮してなされたものであって、容易に作成可能で安価な薄膜圧電共振器を提供することを目的とする。

【0 0 1 3】

【課題を解決するための手段】

本発明の一態様による薄膜圧電共振器は、基板上に形成され基板と下面が下部空洞を形成する圧電膜と、この圧電膜の下面に接する下部電極と、圧電膜の上面に接し下部電極と重なる部分を有する上部電極とを含み圧電膜の膜面に垂直な方向に下部空洞に通じる第 1 貫通孔が形成された薄膜圧電共振子と、圧電膜の上面と上部空洞を形成し、膜面垂直方向に上部空洞に通じる第 2 貫通孔が形成された上部空洞形成膜と、上部空洞形成膜を覆うとともに第 2 貫通孔を塞ぐように形成された封止層と、を備えたことを特徴とする。

【0 0 1 4】

なお、第 1 貫通孔と第 2 貫通孔は重なるように形成されていても良い。

【0 0 1 5】

なお、圧電膜は端部近傍が平坦で、端部近傍から中央部に行くにつれて基板から離れ、中央部近傍が平坦であり、下部電極と上部電極の重なり部分は中央部近傍の平坦な領域に形成されていることが好ましい。

【0 0 1 6】

なお、封止層は少なくとも表面が金属層であっても良い。

【0 0 1 7】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照して詳細に説明する。

本発明の一実施形態による薄膜圧電共振器の構成を図 1 に示す。この薄膜圧電共振器は、薄膜圧電共振子 3 を備え、この薄膜圧電共振子 3 の平面図を図 2 に示す。なお、図 1 は、図 2 に示す切断線 A - A で切断した場合の断面図である。

【0018】

この実施形態による薄膜圧電共振器は、絶縁性基板 1 との間に下部空洞 5 が設けられるように絶縁性基板 1 上に形成された薄膜圧電共振子 3 と、この薄膜圧電共振子 3 との間に上部空洞 7 が設けられるように薄膜圧電共振子 3 上に形成された上部空洞形成膜 9 と、上部空洞形成膜 9 上に形成された封止層 11 と、電極 13 a、13 b とを備えている。薄膜圧電共振子 3 は、圧電膜 3 a と、下部空洞 5 側に設けられた下部電極 3 b と、上部空洞 7 側に設けられた上部電極 3 c とを備えている。

【0019】

圧電膜 6 a は、絶縁性基板 1 との間に下部空洞 5 を形成するために、端部近傍部分は基板 1 に沿って形成され、中央部に行くに連れて基板 1 から離れるように形成され、中央部が平坦で基板 1 と一定の距離となるように構成されている。下部電極 3 b は、圧電膜 3 a の下部空洞 5 側の面に接して一方の端部から上記中央部まで延在するように構成されている（図 1、図 2 参照）。上部電極 3 c は、圧電膜 3 a の上部空洞 7 側の面に接して他方の端部から上記中央部まで延在するように構成されている（図 1、図 2 参照）。そして、下部電極 3 b と上部電極 3 c とは、中央部の平坦の領域で重なるように配置されており、この重なっている領域に対応する圧電膜 3 a が電極 3 b、3 c からの電圧を受けて縦振動する。なお、本実施形態においては、図 2 に示すように下部電極 3 b と上部電極 3 c は同一方向に延在しているが、図 3 に示すように直交する方向に延在していても良い。

【0020】

また、薄膜圧電共振子 3 は、図 2 に示すように、下部空洞 5 と上部空洞 7 が通じるように貫通孔 6 が 4 個設けられている。この貫通孔 6 は、圧電膜 3 a の中央部の平坦領域に設けられることが好ましい。また、貫通孔 6 は、下部電極 3 b および上部電極 3 c に係るように設けても良い。

【0021】

電極 13a は、上部空洞形成膜 9 および封止層 11 に形成されたコンタクト孔を介して薄膜圧電共振子 3 の下部電極 3b と電氣的に接続され、電極 13b は上部空洞形成膜 9 および封止層 11 に形成されたコンタクト孔を介して薄膜圧電共振子 3 の上部電極 3c と電氣的に接続される。

【0022】

次に、本実施形態による薄膜圧電共振器の製造方法を、図 4 を参照して説明する。なお、図 4 は、図 2 に示す切断線 B-B で切断した場合の断面図である。

【0023】

まず、図 4 (a) に示すように、絶縁性 Si やガラスなどを使用した絶縁性基板 1 を用意し、P (燐) をドーピングした非晶質 Si などからなる犠牲層 20 を成膜し、リソグラフィおよび反応性イオンエッチング (RIE) によりパターンニングを行った。続いて、図 1 で説明したと同じ構成を有する、圧電膜 3a と上下電極 3b、3c とを具備した薄膜圧電共振子 3 を形成した。このとき、圧電膜 3a の一部には、犠牲層 20 を選択エッチングにより除去するための、下部エッチング孔 6 を形成した。

【0024】

次に、図 4 (b) に示すように、薄膜圧電共振子 3 の上に、犠牲層 22 を成膜し、リソグラフィおよび反応性イオンエッチングによりパターンニングを行った。続いて、スパッタ法、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、または蒸着法を用いて、例えば酸化膜からなる上部空洞形成膜 9 を成膜し、リソグラフィおよび反応性イオンエッチングによりパターンニングを行った。このとき、上部空洞形成膜 9 の一部には、犠牲層 22 を選択エッチングにより除去するための、上部エッチング孔 8 を形成した。なお、本実施形態においては、下部エッチング孔 6 と上部エッチング孔 8 は、お互いに重なる位置に作成したが、重ならない位置に形成しても良い。

【0025】

次に、図 4 (c) に示すように、犠牲層 20、22 のみを選択的に溶解除去できるエッチャントを使用して、上部エッチング孔 8 および下部エッチング孔 6 か

ら犠牲層 22、20 を同時に選択溶解除去し、薄膜圧電共振子 3 の上下に上部空洞 7 および下部空洞 5 を形成した。

【0026】

次に、図 4 (d) に示すように、上部空洞形成膜 9 上に、例えばスパッタ法などを使用して、例えば酸化膜などからなる封止層 11 を成膜し、エッチング孔 6、8 を塞ぐことにより薄膜圧電共振子 3 を封止した。

【0027】

以上説明したように、薄膜圧電共振子の共振部の上下に空洞を形成して封止した薄膜圧電共振器を簡略なプロセスで実現することが可能となり、従来の場合と異なり高価なアルミナパッケージ等に気密封止する必要がなくなる。これにより、容易に作成可能で安価な薄膜圧電共振器を得ることができる。また、アルミナパッケージ等に気密封止する必要がなくなるため、本実施形態の薄膜圧電共振器は従来のものに比べて薄くすることができる。

【0028】

なお、本実施形態においては、薄膜圧電共振子 3 にエッチング孔 6 が設けられ、上部空洞形成膜 9 にエッチング孔 8 が設けられているので、封止層 11 が剥がれにくいという利点を有している。

【0029】

また、上記封止層 11 上に薄膜圧電共振子 3 から出力される高周波のノイズをシールドするために金属膜を被覆しても良い。

【0030】

また、上記実施形態において、平らな基板 1 を用いる代わりに、図 9 に示すように窪んだ基板を用いれば、薄膜圧電共振子 3 は平坦な膜から構成されることになる。

【0031】

また、上部空洞形成膜 9 および封止層 11 は、熱可塑性の樹脂を用いても良い。この場合、上部空洞形成膜 9 および封止層 11 はポッティング、スピコート、またはラミネート法により形成することができる。なお、エッチング孔 6 とエッチング孔 8 の位置が異なる場合は、封止層 11 は樹脂以外の材料を用いてスパ

ッタ法により形成することが好ましい。

【0 0 3 2】

また、図 5 に示すように、上部空洞形成膜 9 A は金属材料から形成しても良い。この場合、電極 1 3 a、1 3 b のうちの少なくとも一方は上部空洞形成膜 9 A と電氣的に絶縁されることが必要となる。図 5 においては、電極 1 3 a が上部空洞形成膜 9 A と電氣的に絶縁されている。

【0 0 3 3】

また、図 6 に示すように、封止層 1 1 A は金属材料から形成しても良い。この場合、電極 1 3 a、1 3 b のうちの少なくとも一方は封止層 1 1 A と電氣的に絶縁されることが必要となる。図 6 においては、電極 1 3 a が封止層 1 1 A と電氣的に絶縁されている。このように封止層 1 1 A が金属材料から形成されている場合には、薄膜圧電共振子 3 から出力される高周波ノイズをシールドすることができる。

【0 0 3 4】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、容易に作成可能で安価な薄膜圧電共振器を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態による薄膜圧電共振器の構成を示す断面図。

【図 2】

実施形態による薄膜圧電共振器にかかる薄膜圧電共振子の平面図。

【図 3】

実施形態による薄膜圧電共振器にかかる他の薄膜圧電共振子の平面図。

【図 4】

実施形態による薄膜圧電共振器の製造工程を示す工程断面図。

【図 5】

実施形態の第 1 変形例による薄膜圧電共振器の構成を示す断面図。

【図 6】

実施形態の第 2 変形例による薄膜圧電共振器の構成を示す断面図。

【図 7】

薄膜圧電共振器を使用した高周波フィルタ回路の構成を示す回路図。

【図 8】

薄膜圧電共振器を使用した電圧制御発振器 (VCO) の回路例を示す回路図。

【図 9】

従来の薄膜圧電共振器の製造工程を示す工程断面図。

【図 1 0】

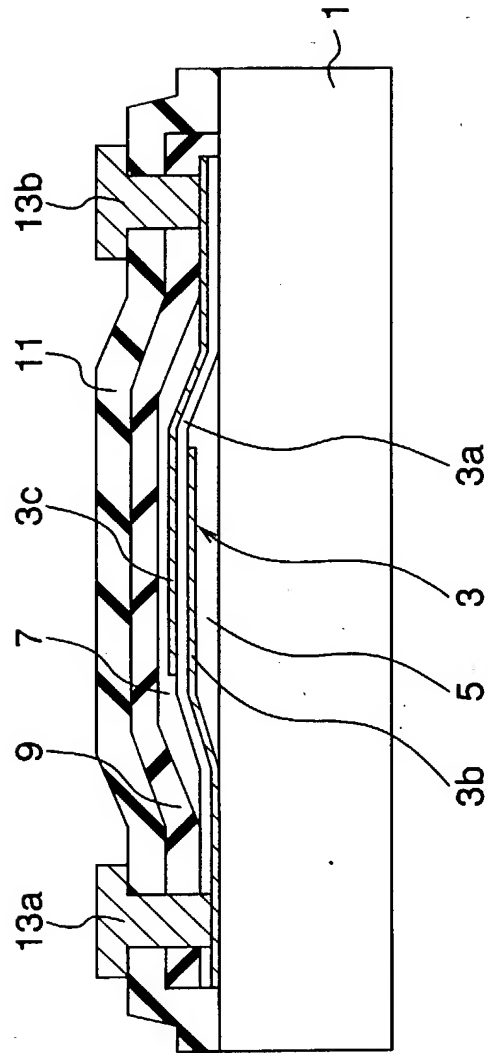
従来の薄膜圧電共振器の気密封止パッケージの断面図。

【符号の説明】

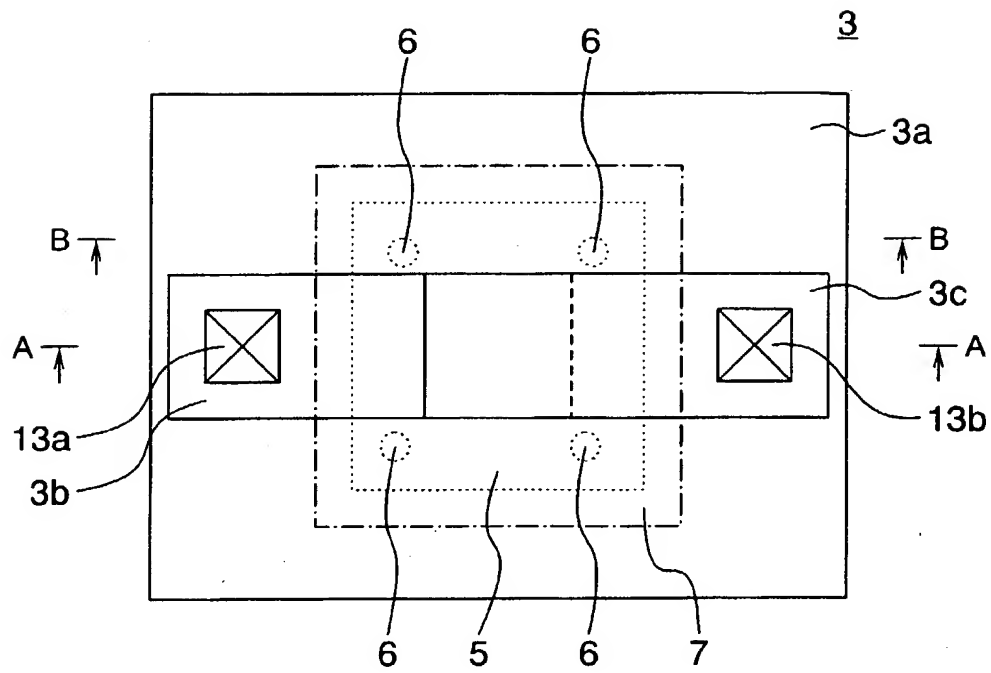
- 1 絶縁性基板
- 3 薄膜圧電共振子
 - 3 a 圧電膜
 - 3 b 下部電極
 - 3 c 上部電極
- 5 下部空洞
- 6 エッチング孔
- 7 上部空洞
- 8 エッチング孔
- 9 上部空洞形成膜
- 1 1 封止層
- 2 0 犠牲層
- 2 2 犠牲層

【書類名】 図面

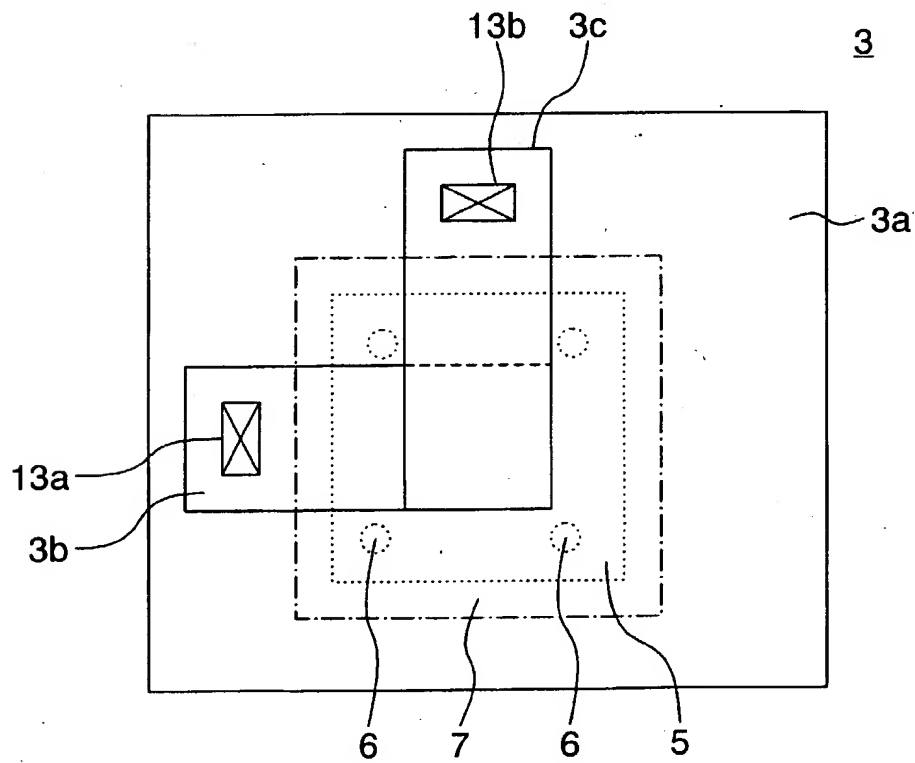
【図 1】



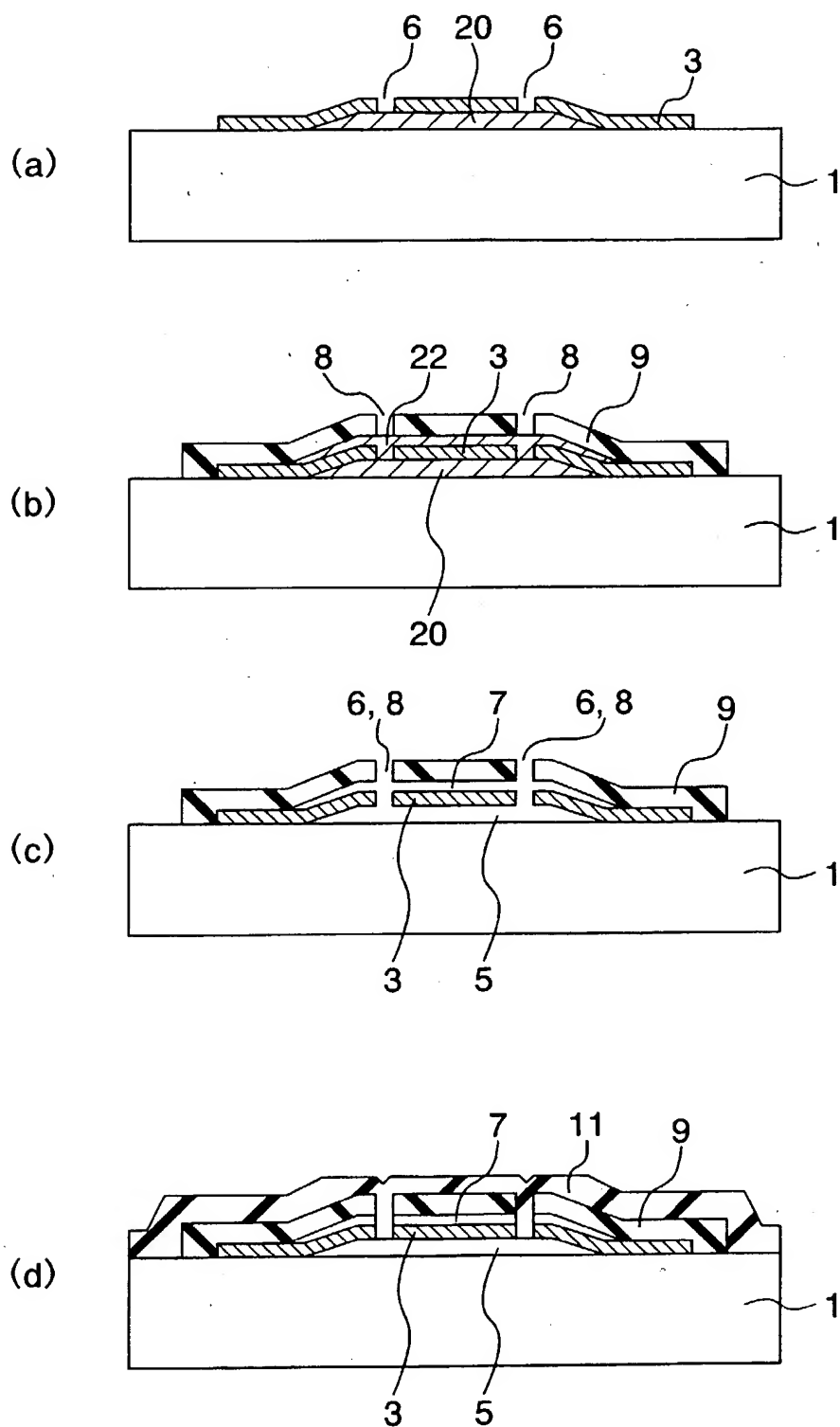
【図 2】



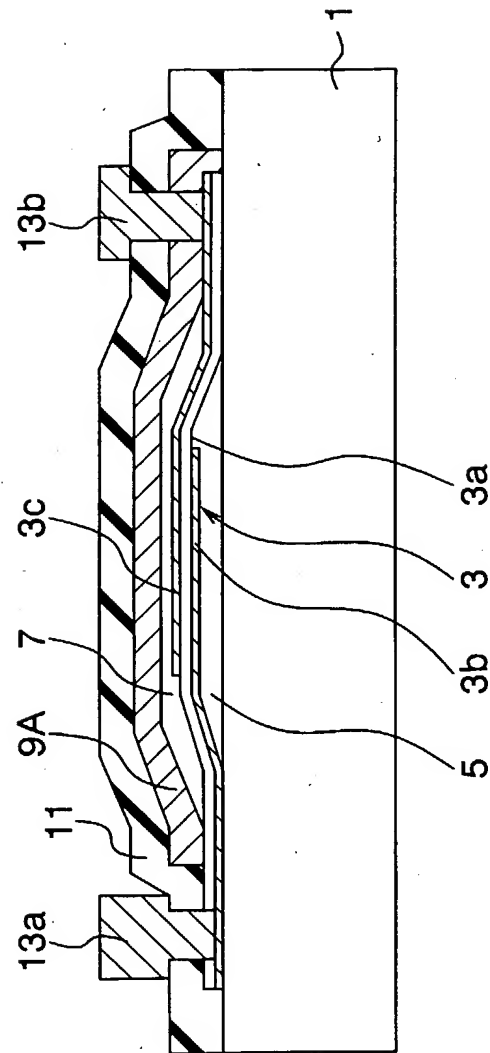
【図 3】



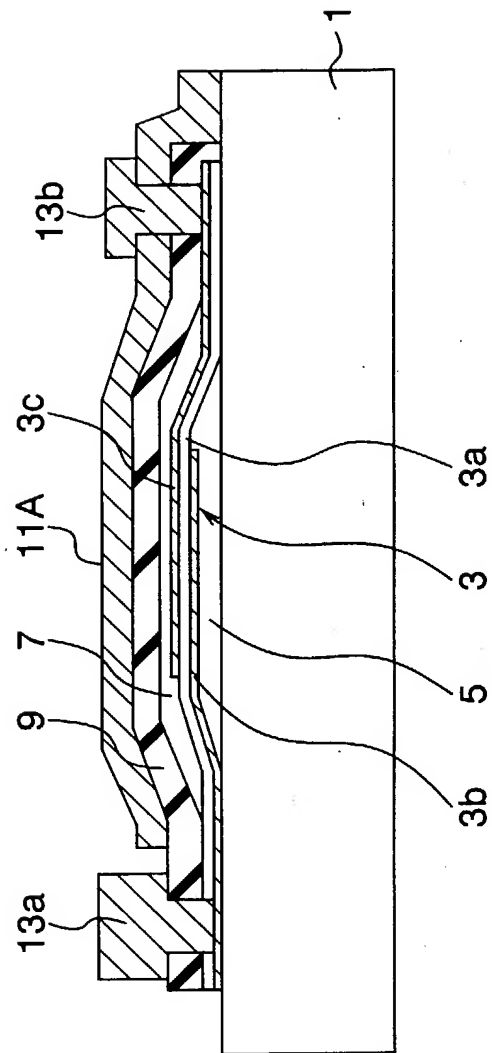
【図 4】



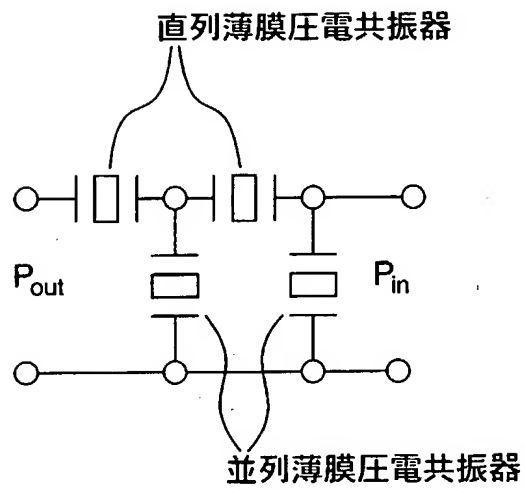
【図 5】



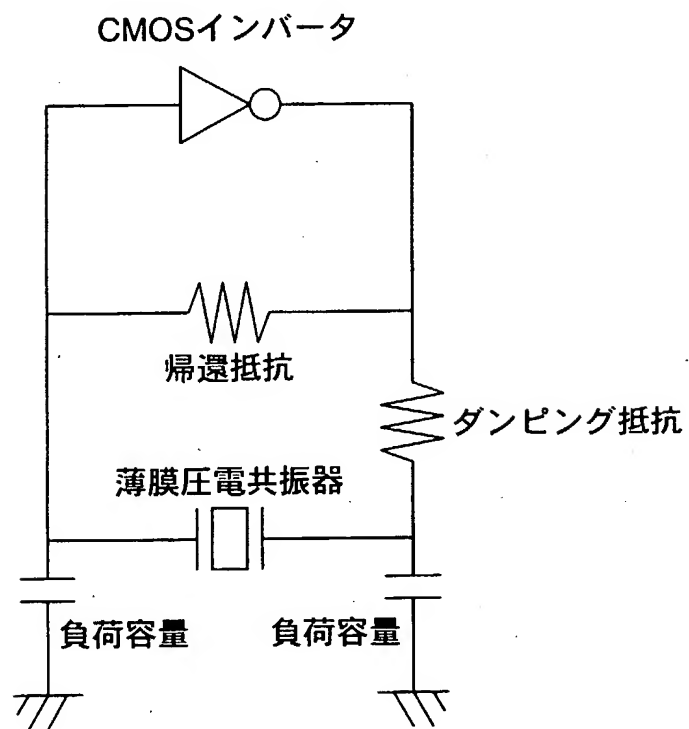
【図 6】



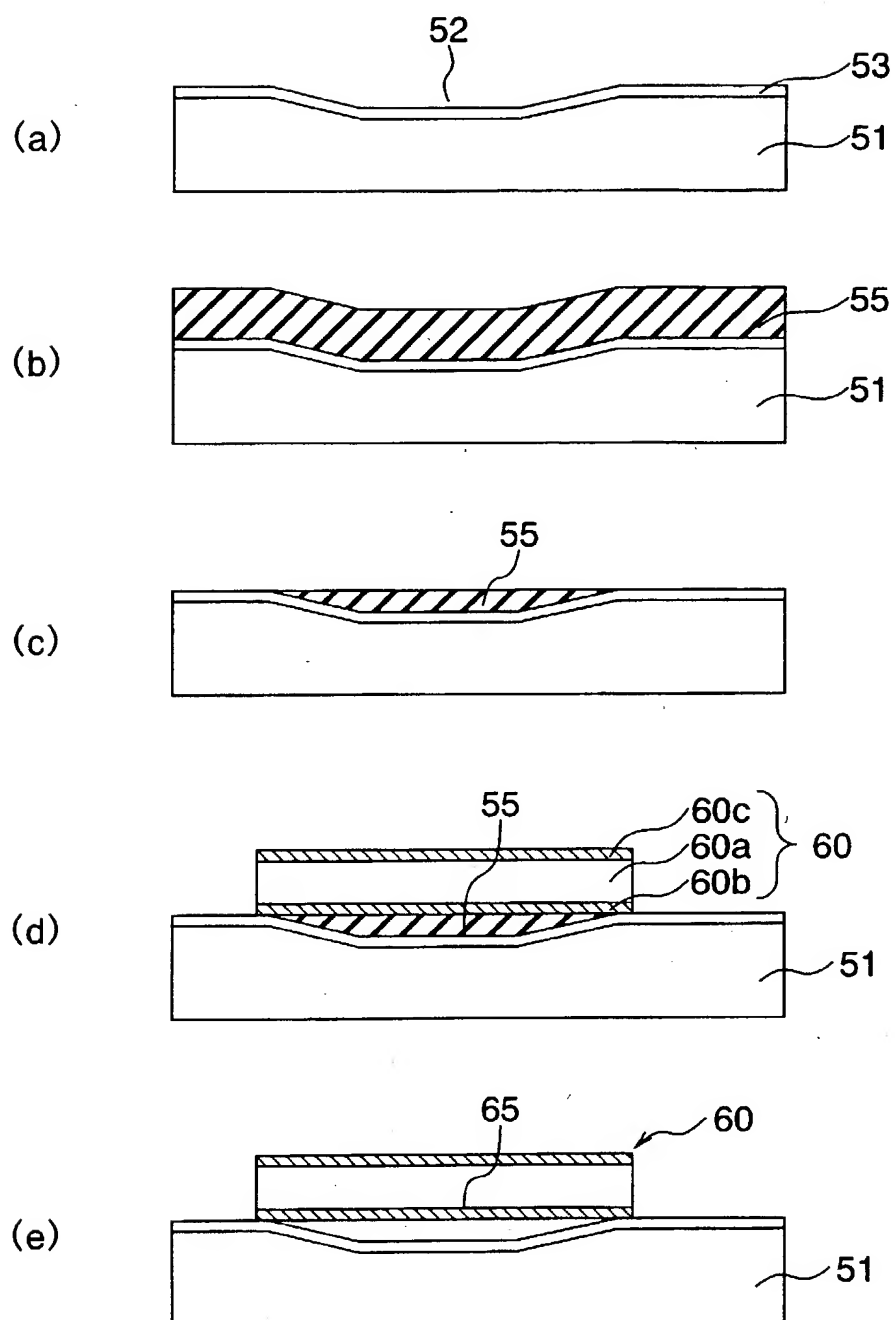
【図 7】



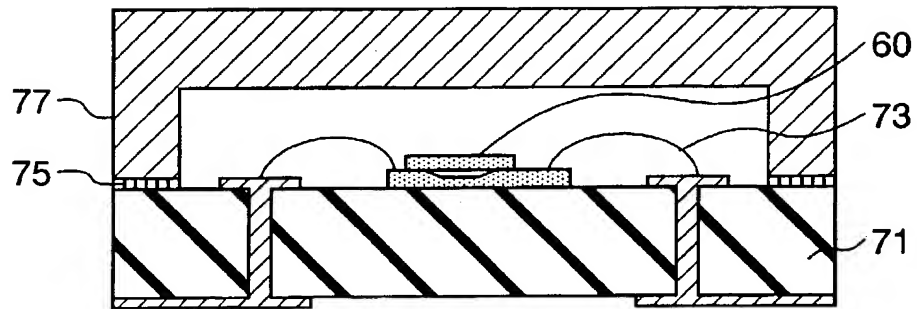
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 容易に作成可能で安価な薄膜圧電共振器を得ることを可能にする。

【解決手段】 基板 1 上に形成され基板と下面が下部空洞 5 を形成する圧電膜 3 a と、この圧電膜の下面に接する下部電極 3 b と、圧電膜の上面に接し下部電極と重なる部分を有する上部電極 3 c とを含み圧電膜の膜面に垂直な方向に下部空洞に通じる第 1 貫通孔 6 が形成された薄膜圧電共振子 3 と、圧電膜の上面と上部空洞を形成し、膜面垂直方向に上部空洞に通じる第 2 貫通孔 8 が形成された上部空洞形成膜 9 と、上部空洞形成膜を覆うとともに第 2 貫通孔を塞ぐように形成された封止層 1 1 と、を備えたことを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2002-381581

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日

2001年 7月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名

株式会社東芝